有机酸和精油复合微囊包被物对肉鸡生长性能、免疫器官指数、屠宰性能、肉品质和血清生化指标的影响

高玉云　张杏莉　孔邱林　邱家凌　许丽惠　王长康*

（福建农林大学动物科学学院，福州 350002）

摘　要：本试验旨在研究有机酸和精油复合微囊包被物（MOAEO）对肉鸡生长性能、免疫器官指数、屠宰性能、肉品质和血清生化指标的影响。选取1日龄黄羽肉公鸡300只，随机分成5个组，每个组5个重复，每个重复12只。Ⅰ组为对照组，饲喂基础饲粮；Ⅱ组为抗生素组，在基础饲粮基础中添加30 mg/kg杆菌肽锌和6 mg/kg硫酸黏杆菌素；Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组为试验组，分别在基础饲粮中添加150、200、250 mg/kg的MOAEO。试验期70 d。结果表明：1)1~21 日龄，与对照组相比，Ⅱ组平均日增重显著提高（$P<0.05$），Ⅳ组料重比显著降低（$P<0.05$），Ⅳ、Ⅴ组脾脏指数显著提高（$P<0.05$），Ⅴ组血清尿酸含量显著降低（$P<0.05$）。2)1~70日龄，与对照组相比，Ⅳ组料重比显著降低（$P<0.05$），Ⅳ组脾脏指数显著提高（$P<0.05$），Ⅱ、Ⅳ组血清总蛋白含量显著提高，Ⅱ、Ⅳ组血清尿酸含量显著降低（$P<0.05$），Ⅳ组胸肌率和腿肌率显著提高（$P<0.05$），Ⅳ组胸肌失水率显著降低（$P<0.05$）。3)与抗生素组相比，饲粮添加MOAEO对肉鸡生长性能、免疫器官指数、屠宰性能和血清生化指标的影响不显著（$P>0.05$）。由此可见，肉鸡饲粮中添加MOAEO能改善肉鸡生长性能、免疫器官指数、屠宰性能、肉品质和血清生化指标，MOAEO适宜添加量为200 mg/kg。

关键词：微囊包被；精油；有机酸；肉鸡

中图分类号：S831.5

由于担心饲料中抗生素的添加可能导致病原菌对抗生素的耐药性和抗生素在动物产品中的残留，许多国家已经禁止了抗生素在饲料中的添加。例如，欧盟已经在2006年禁止在饲料中添加抗生素[1]。因此，寻找有效的抗生素替代产品以促进动物生长和健康具有重要意义。植物精油（essential oils，EO）和有机酸（organic acids，OA）具有良好的抗氧化和抗菌作用，可以改善动物肠道健康，促进营养物质的吸收，是目前常用的抗生素替代物[2-3]。研究表明，EO和OA可以改善动物生长性能，减少病原菌对肠道的黏附，改善肠道形态[4-6]。

收稿日期：2017-02-01

基金项目：福建省大学生创新创业训练计划项目(111ZC5097)；福建省鸡产业体系岗位专家项目(K83139297，2013—2017)

作者简介：高玉云（1985-），男，福建连江人，博士，从事动物营养与免疫研究。E-mail: gaoyuyun2000@163.com

*通信作者：王长康，教授，硕士生导师，E-mail: wangchangkangcn@163.com

但 EO 和 OA 作为饲料添加剂应用于生产中存在以下问题：EO 易挥发氧化、成分不明确及有刺激性；OA 易刺激消化道黏膜、不能过胃等，以至于 EO 和 OA 无法发挥更好的功效。而经过微胶囊技术包被的 EO 和 OA 能够使营养成分在肠道中缓慢释放出来，同时减少刺激性气味，消除对动物适口性的影响，正好克服了未包被 EO 和 OA 的缺陷[7-8]。目前文献中对于微胶囊包被的 EO 和 OA 用于改善肉鸡生长性能的报道较少[9]，因此，本试验旨在研究不同剂量的有机酸和精油复合微囊包被物（microencapsulated organic acids and essential oils, MOAEO）对肉鸡生长性能、免疫器官指数、屠宰性能、肉品质和血清生化指标的影响，从而为 MOAEO 在肉鸡生产上的应用提供参考依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

MOAEO 由意大利 Vetagro 公司生产（商品名为 AVIplus P），其组分含量为：25%柠檬酸、16.7%山梨酸、1.7%百里香酚、1.0%香兰素，载体为脂肪（55.6%）。产品质量标准编号：SJK120058；生产批号：8902011。

1.2　试验设计

试验选取体质健康的 1 日龄黄羽肉公鸡 300 只（购自莆田温氏家禽有限公司），随机分成 5 个组，每个组 5 个重复，每个重复 12 只。Ⅰ组为对照组，饲喂基础饲粮；Ⅱ组为抗生素组，在基础饲粮中添加 30 mg/kg 杆菌肽锌和 6 mg/kg 硫酸黏杆菌素；Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组为试验组，分别在基础饲粮中添加 150、200、250 mg/kg 的 MOAEO。基础饲粮根据我国《肉鸡饲养标准》（NY/T 33—2004）配制，基础饲粮组成及营养水平见表 1。试验鸡只每天人工喂料 2 次，自由采食、饮水。免疫、消毒按肉鸡常规程序进行。试验期 70 d。在试验第 21 天和第 70 天时，每重复选取 2 只接近平均体重的肉鸡采血并屠宰采样。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of basal diets （air-dry basis）　%

项目 Items	1～21 日龄 1 to 21 days of age	22～42 日龄 22 to 42 days of age	43～70 日龄 43 to 70 days of age
原料 Ingredients			
玉米 Corn	60.11	66.09	74.43
豆粕 Soybean meal	25.50	20.00	14.00
膨化大豆 Extruded soybean	10.00	10.00	8.00

石粉 Limestone	1.80	1.50	1.40
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.10	1.00	0.76
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.24	0.16	0.16
食盐 NaCl	0.25	0.25	0.25
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels			
代谢能 ME/（MJ/kg）[2)]	12.10	12.35	12.56
粗蛋白质 CP	20.7	18.5	15.8
钙 Ca	0.99	0.88	0.80
非植酸磷 NPP	0.45	0.40	0.35
赖氨酸 Lys	1.09	0.94	0.83
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.82	0.70	0.63

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 9 000 IU，VD_3 2 000 IU，VE 20 IU，VK_3 2.0 mg，VB_1 2.0 mg，VB_2 5.0 mg，VB_6 3.5 mg，VB_{12} 0.015 mg，烟酸 nicotinic acid 35 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 10 mg，叶酸 folic acid 1.0 mg，生物素 biotin 0.15 mg，氯化胆碱 choline chloride 600 mg，Cu 8 mg，Fe 80 mg，Mn 80 mg，Zn 60 mg，I 0.36 mg，Se 0.24 mg。

[2)]计算值 Calculated values。

1.3 检测指标和方法

1.3.1 生长性能的测定

试验开始时记录每只鸡初生重，而后在第 21 天和第 70 天 08:00 逐只称重，称重前空腹 12 h，计算各阶段平均日增重。以重复为单位，准确称量并记录各重复的日投料量、余料量及损耗量，计算各阶段平均日采食量，进而根据平均日采食量和平均日增重计算各阶段料重比。同时，每天记录死亡鸡只数，计算各阶段成活率。

1.3.2 免疫器官指数的测定

试验鸡只在第 21 天和第 70 天屠宰后，取脾脏、胸腺和法氏囊，用滤纸吸去各器官上的血液，剥离脂肪并称重，按以下公式计算：

脾脏指数（%）=（脾脏重/活重）×100；

胸腺指数（%）=（胸腺重/活重）×100；

法氏囊指数（%）=（法氏囊重/活重）×100。

1.3.3　屠宰性能的测定

试验鸡只在第 70 天屠宰后，将试验鸡放血屠宰，采用湿拔法拔毛，放血拔完羽毛后沥干水称屠体重；屠体重去气管、食道、嗉囊、肠脏、脾脏、胰脏、生殖器官，留下心脏、肝脏（去胆）、肺脏、肾脏、腺胃、肌胃（去内容物和角质膜）、腹脂称半净膛重；在半净膛基础上，去心脏、肝脏、腺胃、肌胃、腹脂及头、颈、脚的重量，称全净膛重；取腹脂、胸肌、腿肌，称重。按以下公式计算：

屠宰率（%）=（屠体重/宰前体重）×100；

半净膛率（%）=（半净膛重/宰前体重）×100；

全净膛率（%）=（全净膛重/宰前体重）×100；

腹脂率（%）=[腹脂重/（全净膛重+腹脂重）]×100；

胸肌率（%）=（两侧胸肌重/全净膛重）×100；

腿肌率（%）=（两侧腿肌重/全净膛重）×100。

1.3.4　血清生化指标的测定

试验鸡只第 21 天和第 70 天 08:00 逐只称重后，用真空采血管进行翅静脉采血 5 mL，倾斜静置，待血清渗出后，3 000 r/min 离心 15 min，取上清液，分装于 EP 管中，置于-80 ℃冻存。血清生化指标的测定采用南京建成生物工程研究所的试剂盒，测定指标包括血清总蛋白、白蛋白、尿酸含量，分别采用考马斯亮蓝法、溴甲酚绿法和比色法进行测定。

1.3.5　肉品质的测定

试验鸡只在第 70 天屠宰后，测定左侧胸肌 pH、剪切力、失水率，方法如下：测定胸肌内侧 3 个不同点 45 min 的 pH（$pH_{45\ min}$）和 24 h 的 pH（$pH_{24\ h}$），按 NY/T 1333-2007《畜禽肉质的测定》规定的方法进行测定；剪切力的测定按 NY/T 1180-2006《肉嫩度的测定 剪切力测定法》规定的方法进行测定；失水率的测定按 NY/T 1333-2007《畜禽肉质的测定》规定的方法进行测定。

1.4　数据分析

应用 SPSS 16.0 统计软件进行单因素方差分析，多重比较采用 LSD 法，试验结果用平均值±标准差（mean±SD）表示，以 $P<0.05$ 为差异显著。

2　结　果

2.1　MOAEO 对肉鸡生长性能的影响

由表 2 可知，在 1~21 日龄、22~70 日龄和 1~70 日龄，各组间平均日采食量和成活率差

异不显著（P>0.05）。Ⅱ组 1~21 日龄的平均日增重显著高于Ⅰ组（P<0.05），各组间其他阶段的平均日增重差异不显著（P>0.05）。Ⅳ组 1~21 日龄和 1~70 日龄的料重比显著低于Ⅰ组（P<0.05），各组间其他阶段的料重比差异不显著（P>0.05）。

表 2　MOAEO 对肉鸡生长性能的影响

Table 2　Effects of microencapsulated essential oils and organic acids on growth performance of broilers

项目 Items	日龄 Days of age	组别 Groups Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
平均日采食量	1～21	27.58±0.67	27.91±0.11	27.27±0.54	27.44±0.65	27.75±0.96
ADFI/(g/d)	22～70	104.63±3.61	107.69±7.82	104.90±4.56	103.78±2.74	102.22±5.51
	1～70	81.97±2.56	82.30±3.81	80.87±1.84	81.32±1.95	80.32±4.10
平均日增重	1～21	13.97±0.30[a]	14.45±0.41[b]	14.06±0.43[ab]	14.40±0.20[ab]	14.38±0.57[ab]
ADG/(g/d)	22～70	38.83±0.56	40.38±2.16	39.54±1.25	39.13±1.37	38.66±2.20
	1～70	31.41±0.49	32.62±1.49	31.90±0.72	32.69±1.35	31.45±1.34
料重比 F/G	1～21	1.98±0.03[b]	1.93±0.05[ab]	1.94±0.04[ab]	1.91±0.05[a]	1.93±0.05[ab]
	22～70	2.70±0.07	2.66±0.08	2.65±0.04	2.65±0.03	2.65±0.10
	1～70	2.61±0.06[b]	2.52±0.07[ab]	2.54±0.04[ab]	2.49±0.09[a]	2.55±0.06[ab]
成活率	1～21	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00
Survival rate/%	22～70	96.67±0.05	96.67±0.05	96.67±0.05	100.00±0.00	98.33±0.04
	1～70	96.67±0.05	96.67±0.05	96.67±0.05	100.00±0.00	98.33±0.04

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2　MOAEO 对肉鸡免疫器官指数的影响

由表 3 可知，在 21 和 70 日龄，各组间胸腺指数和法氏囊指数差异不显著（P>0.05）。Ⅳ组 21 和 70 日龄的脾脏指数显著高于Ⅰ组（P<0.05），Ⅴ组 21 日龄的脾脏指数也显著高于Ⅰ组（P<0.05）。

表 3　MOAEO 对肉鸡免疫器官指数的影响

Table 3　Effects of microencapsulated essential oils and organic acids on immune organs indexes of broilers

g/kg

项目 Items	日龄 Days of age	组别 Groups I	II	III	IV	V
胸腺指数	21	5.39±0.89	5.84±0.43	5.53±0.49	5.75±0.55	5.81±0.29
Thymus index	70	2.01±0.71	2.21±0.78	2.19±0.91	2.31±1.04	2.31±0.94
脾脏指数	21	1.23±0.16[a]	1.34±0.34[ab]	1.39±0.20[ab]	1.57±0.36[b]	1.59±0.13[b]
Spleen index	70	1.08±0.15[a]	1.25±0.32[ab]	1.22±0.35[ab]	1.48±0.38[b]	1.39±0.59[ab]
法氏囊指数	21	3.31±1.04	3.59±0.85	3.51±0.70	3.35±0.78	3.54±0.58
Bursa of Fabricii index	70	1.32±0.49	1.45±0.67	1.53±0.45	1.59±0.36	1.53±0.46

2.3 MOAEO 对肉鸡屠宰性能和胸肌肉品质的影响

由表 4 可知，70 日龄时，各组间肉鸡的屠宰率、半净膛率、全净膛率、腹脂率差异不显著（P>0.05）。Ⅳ组的胸肌率和腿肌率显著高于Ⅰ组（P<0.05）。

表 4　MOAEO 对肉鸡屠宰性能的影响

Table 4　Effects of microencapsulated essential oils and organic acids on slaughter performance of broilers　%

项目 Items	组别 Groups I	II	III	IV	V
屠宰率 Slaughter rate	90.15±0.56	90.34±0.91	90.41±1.09	91.12±0.95	90.75±0.79
半净膛率 Semi-eviscerated rate	85.56±0.86	85.26±0.74	85.29±1.16	85.92±0.93	85.66±1.33
全净膛率 Eviscerated rate	71.04±1.04	70.68±0.91	70.83±1.33	71.39±1.11	71.29±1.52
腹脂率	3.15±0.40	2.91±0.91	3.22±0.87	3.19±0.29	2.89±0.59

Abdominal fat rate					
胸肌率 Breast muscle rate	15.56±0.86[a]	16.02±0.89[ab]	16.08±1.01[ab]	16.54±1.15[b]	16.17±0.98[ab]
腿肌率 Leg muscle rate	20.47±1.22[a]	20.55±1.09[ab]	20.66±1.01[ab]	21.60±1.27[b]	20.83±1.49[ab]

由表 5 可知，Ⅲ组的胸肌 $pH_{45\ min}$ 和 $pH_{24\ h}$ 显著低于Ⅰ组（P<0.05）。Ⅳ组的胸肌失水率显著低于Ⅰ组（P<0.05）。各组间剪切力差异不显著（P<0.05）。

表 5　MOAEO 对肉鸡胸肌肉品质的影响

Table 5　Effects of microencapsulated essential oils and organic acids on breast meat quality of broilers

项目 Items	组别 Groups Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
$pH_{45\ min}$	5.63±0.09[b]	5.55±0.10[ab]	5.48±0.08[a]	5.58±0.06[ab]	5.55±0.14[ab]
$pH_{24\ h}$	5.58±0.10[b]	5.55±0.09[ab]	5.46±0.10[a]	5.55±0.10[ab]	5.50±0.13[ab]
失水率 Water loss rate/ %	39.34±3.94[b]	33.82±4.21[ab]	33.90±6.12[ab]	29.68±3.47[a]	35.59±9.61[ab]
剪切力 Shear force/N	40.45±9.30	37.03±9.23	38.79±7.54	36.76±8.01	39.54±7.58

2.4　MOAEO 对血清生化指标的影响

由表 6 可知，在 21 和 70 日龄，各组间血清白蛋白含量差异不显著（P>0.05）。Ⅱ组和Ⅳ组 70 日龄的血清总蛋白含量显著高于Ⅰ组（P<0.05）。Ⅴ组 21 日龄的血清尿酸含量显著低于Ⅰ组（P<0.05），Ⅱ和Ⅳ组 70 日龄的血清尿酸含量显著低于Ⅰ组（P<0.05）。

表 6 MOAEO 对肉鸡血清生化指标的影响

Table 6　Effects of microencapsulated essential oils and organic acids on serum biochemical indexes of broilers

项目 Items	日龄 Days of age	组别 Groups Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
白蛋白	21	16.21±0.66	16.57±0.93	16.96±1.25	17.24±1.59	17.43±0.71
Albumin/(g/L)	70	29.11±4.25	32.06±1.92	30.91±1.97	31.13±2.94	30.17±7.32

总蛋白	21	32.12±3.00	32.91±4.07	33.32±2.27	33.41±3.18	33.71±4.10
Total protein/(g/L)	70	30.13±5.65[a]	35.84±5.45[b]	33.21±4.72[ab]	35.62±4.54[b]	32.08±5.37[ab]
尿酸	21	288.30±37.47[b]	271.70±28.02[ab]	270.70±14.63[ab]	264.20±25.85[ab]	246.80±16.55[a]
Uric acid/(μmol/L)	70	302.40±27.81[b]	267.60±48.48[a]	280.20±40.51[ab]	268.10±33.77[a]	286.40±29.17[ab]

3 讨 论

3.1 MOAEO 对肉鸡生长性能的影响

本试验研究表明，在肉鸡饲粮中添加适量的 MOAEO 有助于降低肉鸡料重比，改善饲料转化率。一些研究也表明 EO 和 OA 复合物可以改善畜禽的平均日增重和饲料转化率，例如火鸡饲粮中添加百里香酚和苯甲酸提高了平均日增重和饲料转化率[1]；肉鸡饲粮中添加甲酸、丙酸、牛至油、丁香精油和茴香油改善了平均日增重和饲料转化率，而对平均日采食量没有显著影响[9]；断奶仔猪饲粮中添加柠檬酸、山梨酸、百里香酚和香兰素提高了平均日增重[10]。对肉仔鸡而言，EO 和 OA 复合物（百里香酚、丁子香酚、苯甲酸）对公雏的效果要好于母雏，这可能与公雏的生长速度较快有关[11]。饲料转化率的改善可能与 EO 和 OA 促进营养物质在肠道的吸收有关[6]。微胶囊包被可以保护 EO 和 OA 免受光、储存、饲料加工和肠道各种理化因素的作用[7-8]，同时微胶囊包被具有在肠道缓慢和定点释放的作用，因此，微胶囊包被能够改善 EO 和 OA 稳定性，使之更持久的发挥作用，因此能增强 EO 和 OA 的效果[7,12]，从而促进肉鸡生长性能。

3.2 MOAEO 对肉鸡免疫器官指数的影响

禽类免疫器官主要有胸腺、脾脏和法氏囊。胸腺、法氏囊为中枢免疫器官，脾脏参与全身的细胞免疫和体液免疫，它是家禽最大的外周免疫器官[13-14]。Rivas 等[15]指出，雏鸡的免疫状态可用胸腺、脾脏和法氏囊的重量来评价。免疫器官是机体免疫功能的产生者和维持者，其发育、成熟及结构变化可使肉鸡的整体免疫机能增强[16]。本试验中，在肉鸡饲粮中添加 MOAEO 可提高肉鸡的脾脏指数。免疫器官指数的提高说明 MOAEO 能够刺激肉鸡的免疫应答，增强免疫功能，促使肉鸡整体免疫机能的增强。黄晓亮等[17]报道，在肉鸡饲粮中添加复合酸化剂（乳酸、柠檬酸和富马酸）可显著提高雏鸡脾脏指数。Walter 等[18]研究表明，在生长猪饲粮中添加牛至 EO 可提高生长肥育猪的免疫功能。

3.3 MOAEO 对肉鸡屠宰性能和胸肌肉品质的影响

肉品质主要包括肉的化学组成、肉的组织学和组织化学特点、肌肉物理性质和感官品质等。肉的 pH、系水力和嫩度等为肉的理化特性。其中肌肉 pH 与肌肉酸味呈正相关，即随

着肌肉 pH 的下降，肌肉酸味越浓，进而影响肌肉品质，它是肌肉品质测定的最重要的指标之一[19]。系水力通常用肌肉失水率或滴水损失来衡量，指的是当肌肉受到外力作用时，保持水分的能力。系水力低意味水分流失，肌肉重量减少，容易造成经济损失。嫩度是评价肉品质的重要指标，常用剪切力来表示。

本研究发现，在屠宰性能方面，饲粮添加 200 mg/kg MOAEO 能显著提高 70 日龄肉鸡的胸肌率和腿肌率。金晓君等[20]和张文静等[21]研究也表明，OA 或 EO 显著提高了肉鸡的胸肌率和腿肌率。朱晓磊等[22]研究表明，百里香 EO 对屠宰性能具有一定程度的改善作用。王盼盼等[23]研究表明，有机酸对肉鸡屠宰性能没有影响。以上结果的不同可能与所使用的 EO、OA 的种类和剂量有关。在肉品质方面，MOAEO 降低了胸肌 $pH_{45\ min}$、$pH_{24\ h}$ 和胸肌失水率，对肉品质具有一定的改善作用。一些研究也表明了相似的结果，刘大林等[24]研究表明，迷迭香 EO 可以降低胸肌失水率、剪切力和腿肌肉色，从而改善肉鸡肉品质。王盼盼等[25]研究表明，有机酸可以显著降低胸肌和腿肌的滴水损失，同时有降低肌肉剪切力的趋势。

3.4　MOAEO 对肉鸡血清生化指标的影响

血清中总蛋白和白蛋白含量可以反映动物机体营养、代谢及健康状况，当机体营养状况良好时，机体内的蛋白质合成增加，总蛋白和白蛋白含量升高。反之，蛋白质摄入量不足，可引起总蛋白和白蛋白含量下降[26]。本试验结果表明，在肉鸡饲粮中添加 MOAEO 和抗生素可以提高血清总蛋白含量，从而表明 MOAEO 和抗生素能促进蛋白质在肉鸡体内的沉积，从而促进肉鸡的生长。这与王盼盼等[23]的报道结果一致。尿酸是家禽体内蛋白质代谢的一个重要产物，它可直接反映动物机体的营养和蛋白质代谢状况，是测定机体内蛋白质代谢变化最敏感的外部指标[27]。尿酸在血液中溶解度很低，如果体内嘌呤代谢发生紊乱（产生过量尿酸，长期滞留体内）或者尿酸排泄受阻，其结果是血液中尿酸含量过高，形成高尿酸症，长期尿酸含量过高就容易引发痛风和关节炎[28]。本试验研究表明，MOAEO 和抗生素能降低血清尿酸含量，说明 MOAEO 和抗生素能提高机体对蛋白质的利用率，促进蛋白质在机体内的沉积。其他研究也表明植物提取物[29]或者 OA[30]可以降低肉鸡血清尿酸的含量。

4　结 论

MOAEO 在一定程度上改善了肉鸡生长性能、免疫器官指数、屠宰性能、肌肉品质和血清生化指标，且适宜添加量为 200 mg/kg。

参考文献：

[1]　GIANNENAS I,PAPANEOPHYTOU C P,TSALIE E,et al.Dietary supplementation of benzoic

acid and essential oil compounds affects buffering capacity of the feeds,performance of turkey poults and their antioxidant status,pH in the digestive tract,intestinal microbiota and morphology[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2014,27(2):225–236.

[2] MUELLER K,BLUM N M,KLUGE H,et al.Influence of broccoli extract and various essential oils on performance and expression of xenobiotic- and antioxidant enzymes in broiler chickens[J].British Journal of Nutrition,2012,108(4):588–602.

[3] HAFEEZ A,MÄNNER K,SCHIEDER C,et al.Effect of supplementation of phytogenic feed additives (powdered vs.encapsulated) on performance and nutrient digestibility in broiler chickens[J].Poultry Science,2016,95(3):622–629.

[4] AMERAH A M,MATHIS G,HOFACRE C L.Effect of xylanase and a blend of essential oils on performance and *Salmonella* colonization of broiler chickens challenged with *Salmonella* Heidelberg[J].Poultry Science,2012,91(4):943–947.

[5] JAMROZ D,WERTELECKI T,HOUSZKA M,et al.Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2006,90(5/6):255–268.

[6] ADIL S,BANDAY T,BHAT G A,et al.Effect of dietary supplementation of organic acids on performance,intestinal histomorphology,and serum biochemistry of broiler chicken[J].Veterinary Medicine International,2010,2010:479485.

[7] HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ E,REGALADO-GONZÁLEZ C,VÁZQUEZ-LANDAVERDE P,et al.Microencapsulation,chemical characterization,and antimicrobial activity of Mexican (*Lippia graveolens* H.B.K.) and European (*Origanum vulgare* L.) oregano essential oils[J].The Scientific World Journal,2014,2014:641814.

[8] YANG Y X,WANG Q,DIARRA M S,et al.Functional assessment of encapsulated citral for controlling necrotic enteritis in broiler chickens[J].Poultry Science,2016,95(4):780–789.

[9] BASMACIOĞLU-MALAYOĞLU H,OZDEMIR P,BAĞRIYANIK H A.Influence of an organic acid blend and essential oil blend,individually or in combination,on growth performance,carcass parameters,apparent digestibility,intestinal microflora and intestinal morphology of broilers[J].British Poultry Science,2016,57(2):227–234.

[10] GRILLI E,MESSINA M R,TEDESCHI M,et al.Feeding a microencapsulated blend of organic

acids and nature identical compounds to weaning pigs improved growth performance and intestinal metabolism[J].Livestock Science,2010,133(1/2/3):173–175.

[11] WEBER G M,MICHALCZUK M,HUYGHEBAERT G,et al.Effects of a blend of essential oil compounds and benzoic acid on performance of broiler chickens as revealed by a meta-analysis of 4 growth trials in various locations[J].Poultry Science,2012,91(11):2820–2828.

[12] SMITH D J,BARRI A,HERGES G,et al.*In vitro* dissolution and *in vivo* absorption of calcium[1-^{14}C]butyrate in free or protected forms[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2012,60(12):3151–3157.

[13] 靳二辉,陈耀星,王群,等.芽孢杆菌类益生素对肉鸡血细胞及免疫器官组织结构的影响[J].畜牧兽医学报,2013,44(5):778–787.

[14] 姜维,张丁文,李虎,等.薰衣草精油饲喂肉仔鸡对免疫器官指数和血清、空肠组织中 IGA 含量的影响[J].新疆农业科学,2014,51(2):340–347.

[15] RIVAS A L,FABRICANT J.Indications of immunodepression in chickens infected with various strains of Marek's disease virus[J].Avian diseases,1988,32(1):1–8.

[16] 李升和,范光丽,顾有方,等.饮水硼对固始鸡中枢免疫器官发育的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,37(2):52–58.

[17] 黄晓亮,卢旭霞,陈报伟,等.复合酸化剂对黄羽肉鸡消化和免疫器官的影响[J].湖北农业科学,2015,54(16):3990–3992,4006.

[18] WALTER B M,BILKEI G.Immunostimulatory effect of dietary oregano etheric oils on lymphocytes from growth-retarded,low-weight growing-finishing pigs and productivity[J].Tijdschrift Voor Diergeneeskunde,2004,129(6):178–181.

[19] 赵衍铜.芦花鸡等三种优质肉鸡肌肉品质及 H-FABP 基因表达丰度的比较研究[D].硕士学位论文.长春:吉林大学,2013:3.

[20] 金晓君,李军,霍永久,等.日粮中添加不同水平复合酸化剂对肉鸡屠宰性能及营养物质代谢率的影响[J].饲料工业,2011,32(8):41–44.

[21] 张文静,雷连成,魏静元,等.植物精油对肉仔鸡生长、屠宰性能和免疫功能的影响[J].饲料工业,2016,37(8):35–40.

[22] 朱晓磊,刘文骁,陈宏.百里香精油对麻花鸡生长性能和屠宰性能及经济效益的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(21):57–60.

[23] 王盼盼,王晓翠,栗敏,等.代谢有机酸对三黄鸡生长性能、屠宰性能及血清生化指标的影响[J].

中国畜牧兽医,2014,41(1):92–95.

[24] 刘大林,王奎,杨俊俏,等.迷迭香精油对京海黄鸡生长性能、肉品质及抗氧化指标影响的研究[J].中国畜牧杂志,2014,50(11):65–68.

[25] 王盼盼,李杰,王晓翠,等.代谢有机酸对三黄鸡生长性能、养分代谢率及肉品质的影响[J].中国饲料,2013(17):18–21.

[26] 杨宇衡,王之盛,蔡义民,等.氨化银合欢对南江黄羊生长性能和血液指标的影响[J].畜牧兽医学报,2010,41(7):835–841.

[27] 王红梅,刘国华,陈玉林,等.日粮苏氨酸水平对 0～3 周龄肉仔鸡生长性能、血清生化指标及免疫机能的影响[J].中国家禽,2005,27(20):12–15.

[28] 鞠颂歌.反刍动物血液尿酸氧化酶活性及药理实验[D].硕士学位论文.长春:吉林农业大学,2013:15.

[29] 周霞,张海滨,周明东,等.4 种植物提取物对肉鸡氨气散发、生长性能及血液生化指标的影响[J].中国兽医学报,2012,32(5):793–797,804.

[30] 李杰,王晓翠,王盼盼,等.代谢有机酸对不同类型鸡生长性能和血清生化指标的影响[J].饲料工业,2014,35(18):1–5.

Effects of Microencapsulated Essential Oils and Organic Acids on Growth Performance, Immune Organ Indexes, Slaughter Performance, Meat Quality, and Serum Biochemical Indexes of Broilers

GAO Yuyun ZHANG Xingli KONG Qiulin QIU Jialing XU Lihui WANG Changkang*

(*College of Animal Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou* 350002, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of microencapsulated organic acids and essential oils (MOAEO) on growth performance, immune organ indexes, slaughter performance, meat quality, and serum biochemical indexes of broilers. A total of 300 one-day-old yellow-feathered male broilers were randomly divided into 5 groups with 5 replicates per group and 12 broilers per replicate. Broilers in group Ⅰ (control group) were fed a basal diet, broilers in group Ⅱ (antibiotics group)were fed the basal diet added with 30 mg/kg bacitracin zinc and 6 mg/kg colistin sulfate, and the others in groups Ⅲ, Ⅳ and Ⅴ were fed basal diet added with 150, 200 and 250 mg/kg MOAEO, respectively. The experiment lasted for 70 days. The results

showed as follows: 1) at 1 to 21 days of age, compared with the control group, the average daily gain in group Ⅱ was significantly increased (P<0.05), the feed to gain ratio in group Ⅳ was significantly decreased (P<0.05), the spleen index in groups Ⅳ and Ⅴ was significantly increased (P<0.05), the serum uric acid content in group Ⅴ was significantly decreased (P<0.05). 2) At 1 to 70 days of age, compared with the control group, the feed to gain ratio in group Ⅳ was significantly decreased (P<0.05), the spleen index in group Ⅳ was significantly increased (P<0.05), the serum total protein content in groups Ⅱ and Ⅳ was significantly increased (P<0.05), the serum uric acid content in groups Ⅱ and Ⅳ was significantly decreased (P<0.05), the breast rate and leg muscle rate in group Ⅳ was significantly increased (P<0.05), the water loss rate of breast muscle in group Ⅳ was significantly decreased (P<0.05). 3) Compared with the antibiotics group, dietary MOAEO did not affect the growth performance, immune organ indexes, slaughter performance and serum biochemical indexes of broilers. In conclusion, dietary MOAEO addition can improve growth performance, immune organ indexes, slaughter performance, meat quality and serum biochemical indexes of broilers, and the suitable MOAEO addition is 200 mg/kg.

Key words: microencapsulated; organic acids; essential oils; broilers

*Corresponding author, professor, E-mail: wangchangkangcn@163.com (责任编辑　武海龙)